

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2002年11月 1日
Date of Application:

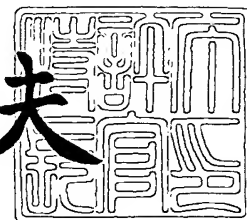
出願番号 特願2002-319478
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP 2002-319478]

出願人 日本電信電話株式会社
Applicant(s):

2003年 8月27日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 NTTH146408

【提出日】 平成14年11月 1日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/00

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内

 【氏名】 島村 俊重

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内

 【氏名】 浦野 正美

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内

 【氏名】 石井 仁

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内

 【氏名】 田辺 泰之

【特許出願人】

 【識別番号】 000004226

 【氏名又は名称】 日本電信電話株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100064621

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 山川 政樹

 【電話番号】 03-3580-0961

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 006194

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0205287

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光スイッチ装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 絶縁膜を介して半導体基板上に選択的に形成された導電性材料からなる支持部材と、

この支持部材により支持されかつ前記支持部材と電氣的に接続されて前記半導体基板との間に所定の空間をあけて配置され、開口領域を備えた導電性材料からなるミラー基板と、

このミラー基板の開口領域の内側に配置され、前記ミラー基板に連結部を介して回動可能に連結されかつ電氣的に接続された導電性材料からなるミラーと、

絶縁膜を介してこのミラーの下部の前記半導体基板上に前記ミラーと離間して選択的に形成された制御電極部と、

絶縁膜を介して前記ミラーの下部の前記半導体基板上に、前記ミラーと離間しかつ前記制御電極部と電氣的に分離して選択的に形成されたセンサ電極部と、

前記半導体基板上に前記センサ電極部と電氣的に接続するように形成され、前記センサ電極部の信号に基づいて前記ミラーの回動角度を検出するセンサ回路と

、
前記半導体基板上に前記制御電極部と電氣的に接続するように形成され、前記センサ回路で検出された前記ミラーの回動角度に基づいて前記ミラーの回動動作を制御する制御回路とを少なくとも備え、

前記センサ電極部を前記制御電極部よりも前記ミラーの中心寄りに配置することを特徴とする光スイッチ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光通信や光計測、またディスプレイなどに用いられる光スイッチ装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

薄膜形成技術やフォトリソグラフィ技術を基本にしてエッチングすることなどで立体的に微細加工を行うマイクロマシン技術を利用して作製された、光スイッチ装置がある。この光スイッチ装置は、例えば、固定構造体と可動する反射構造体とから構成されている。反射構造体は、ミラーが形成された可動部材とこの可動部材を支持する支持部材とを有し、可動部材が、トーションバネなどのバネ部材によって支持部材に接続されている。このように構成された光スイッチは、固定構造体と反射構造体との間に働く引力、あるいは反発力によって反射構造体の可動部がその姿勢を変えることで光路を切り替えるスイッチング動作を行う。

【0003】

上述したような従来の光スイッチ装置をマイクロマシン技術で作製する場合には、大別して2つのタイプがある。一つは、いわゆる表面マイクロマシンによって作製されるタイプ（例えば、非特許文献1参照）であり、他方はバルクマイクロマシンによって作製されるタイプである（例えば、非特許文献2参照）。まず前者について説明する。表面マイクロマシンタイプは、図4に示すように、基板801に回動可能に支持部802が設けられている。また、枠体804がヒンジ803を介して支持部802に支持され、枠体804には、図示しないトーションバネを介してミラー805が連結支持されている。ミラー805の下部には、ミラー805を駆動するための静電力を発生する電極部806が、図示しない配線に接続して形成されている。

【0004】

一方、バルクマイクロマシンタイプでは、一般的にミラーを構成する基板と電極を構成する基板とを個別に作製し、これらを連結させることによって光スイッチ装置を形成している。図5にバルクマイクロマシンタイプの光スイッチ装置の断面図を示す。このような光スイッチ装置を作製するには、SOI基板901に支持された回動可能なミラー904を、SOI基板901の埋め込み酸化膜902上の単結晶シリコン層903に形成すると共に、シリコン基板911をエッチングして凹部構造を形成し、この凹部構造上に電極部912を形成する。そして、ミラー904が形成されたSOI基板901と電極部912が形成されたシリコン基板911とを貼り合わせることで、電界印加によってミラー904が可動

する光スイッチ装置が製造できる。

【0005】

【非特許文献1】

パメラ・R・パターソン(Pamela.R.Patterson)、他4名、「MOEMSエレクトロスタティックスキャニングマイクロミラーズデザインアンドファブリケーション(MOEMS ELECTROSTATIC SCANNING MICROMIRRORS DESIGN AND FABRICATION)」, エレクトロケミカルソサイエティプロシーディングス(Electrochemical Society Proceedings), ボリューム2002-4 (Volume 2002-4), ISBN 1-56677-370-9, p. 369-380

【非特許文献2】

レンシ・サワダ(Renshi Sawada)、他3名、「シングルクリスタラインミラーアクチュエーテッドエレクトロスタティカーバイテラステッドエレクトロデスウイズハイアスペクトレシオトーションスプリング(Single Crystalline Mirror Actuated Electrostatically by Terraced Electrodes With High-Aspect Ratio Torsion Spring)」, インターナショナルカンファレンスオンオプティカルMEMS 2001 (International Conference on Optical MEMS 2001), 2001年9月26日

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、図4、図5に示した光スイッチ装置では、ミラーを駆動するための静電力を発生する電極部806, 912があるのみで、ミラーの回動角度を検出する機構が設けられていないため、ミラーを高精度に制御することが難しいという問題点があった。

本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、ミラーを高精度に制御することができる光スイッチ装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明の光スイッチ装置は、絶縁膜を介して半導体基板上に選択的に形成された導電性材料からなる支持部材と、この支持部材により支持されかつ前記支持部

材と電氣的に接続されて前記半導体基板との間に所定の空間をあけて配置され、開口領域を備えた導電性材料からなるミラー基板と、このミラー基板の開口領域の内側に配置され、前記ミラー基板に連結部を介して回動可能に連結されかつ電氣的に接続された導電性材料からなるミラーと、絶縁膜を介してこのミラーの下部の前記半導体基板上に前記ミラーと離間して選択的に形成された制御電極部と、絶縁膜を介して前記ミラーの下部の前記半導体基板上に、前記ミラーと離間しかつ前記制御電極部と電氣的に分離して選択的に形成されたセンサ電極部と、前記半導体基板上に前記センサ電極部と電氣的に接続するように形成され、前記センサ電極部の信号に基づいて前記ミラーの回動角度を検出するセンサ回路と、前記半導体基板上に前記制御電極部と電氣的に接続するように形成され、前記センサ回路で検出された前記ミラーの回動角度に基づいて前記ミラーの回動動作を制御する制御回路とを少なくとも備え、前記センサ電極部を前記制御電極部よりも前記ミラーの中心寄りに配置するものである。

【0008】

【発明の実施の形態】

[第1の実施の形態]

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。図1は本発明の第1の実施の形態となる光スイッチ装置の平面図、図2は図1の光スイッチ装置の断面図である。図1、図2では、主に光スイッチ装置の1構成単位である一つのミラーからなる部分（ミラー素子）を示している。例えばシリコンからなる半導体基板101上には、少なくとも制御回路150とセンサ回路152が形成されている。また、半導体基板101上には、シリコン酸化物等からなる層間絶縁膜102と、Au/Ti等からなる配線層104と、ポリイミド等からなる層間絶縁膜105とが形成されている。

【0009】

例えばCu等の金属からなる支柱120は、層間絶縁膜105を介して半導体基板101上に選択的に形成されている。この支柱120は、導電性を有し、層間絶縁膜105に形成されたスルーホールを通じて配線層104と電氣的に接続され、さらに層間絶縁膜102に形成された接続電極103を介して所定の電位

(例えば接地電位) が印加される。

【0010】

ミラー基板130は、支柱120によって半導体基板101と離間して支持されている。また、ミラー基板130は、導電性を有し、支柱120と電氣的に接続され、ミラー131が設けられる開口領域を備えている。複数のミラー素子を備えた光スイッチ装置の斜視図を図3に示す。図3に示すように、ミラー基板130の複数の開口領域の各々にミラー131が設けられ、一つのミラー131の部分で一つのミラー素子が形成されている。各ミラー素子は、図1に示すように、ミラー131と制御電極部140(140a, 140b, 140c, 140d)とセンサ電極部151(151a, 151b, 151c, 151d)とを備えている。

【0011】

ミラー基板130の開口領域内に設けられたミラー131は、平面視略円形に形成され、連結部によってミラー基板130と連結され、連結部によって回動可能に支持されている。連結部は、トーションバネ132, 134と、ミラー枠体133とから構成される。トーションバネ132, 134は、ミラー131の中心を挟んでその両側にそれぞれ1対設けられる。

【0012】

ミラー枠体133は、トーションバネ132によってミラー基板130と連結され、トーションバネ132によって回動可能に支持される。これにより、ミラー枠体133は、一対のトーションバネ132を通る、ミラー基板130と平行な軸(図1のY)を回動軸として回動することが可能である。一方、ミラー131は、トーションバネ134によってミラー枠体133と連結され、トーションバネ134によって回動可能に支持される。

【0013】

これにより、ミラー131は、一対のトーションバネ134を通る、ミラー枠体133と平行な軸(図1のX)を回動軸として回動することが可能である。結果として、ミラー131は、一対のトーションバネ132を通る軸Yと一対のトーションバネ134を通る軸Xの2軸を回動軸として回動することができる。こ

れら 2 つの回動軸 X, Y は、ミラー 131 の重心かつ幾何学的中心である点を通っている。

【0014】

ミラー 131 は、導電性を有し、導電性を有する連結部（トーションバネ 132, 134 およびミラー枠体 133）を介してミラー基板 130 と電氣的に接続されている。ミラー 131 には、配線層 104 と支柱 120 とミラー基板 130 と連結部とを介して所定の電位（例えば接地電位）が印加される。

【0015】

光スイッチ装置は、図 3 のようにマトリクス状に配置（集積）された複数のミラー素子を備え、各ミラー素子の制御電極部 140a, 140b, 140c, 140d は、制御回路 150 に接続され、センサ電極部 151a, 151b, 151c, 151d は、センサ回路 152 に接続されている。そして、センサ回路 152 は、制御回路 150 に接続され、制御回路 150 は、通常の半導体集積回路と同様に、配線 202 を介してパッド端子 201 に接続される。パッド端子 201 と外部システムを接続することで、光スイッチ装置の機能が達成される。

【0016】

例えば Cu 等の金属からなるセンサ電極部 151a, 151b, 151c, 151d は、ミラー 131 の下にあって回動するミラー 131 の姿勢を検出するためのものであり、層間絶縁膜 105 を介して半導体基板 101 上に選択的に形成され、ミラー 131 の下（回動軸 X, Y の真下を除く）にミラー 131 と所定距離間隔して配置されている。センサ電極部 151 は、1 つのミラー 131 について 1 本の回動軸の片側または両側に少なくとも 1 つずつ配置される。本実施の形態では、回動軸の両側にセンサ電極部 151 を配置し、かつ回動軸が X, Y の 2 軸のため、合計 4 つのセンサ電極部 151a, 151b, 151c, 151d が配置されている。

【0017】

そして、センサ電極部 151a, 151b, 151c, 151d は、層間絶縁膜 105 に形成されたスルーホールと配線層 104 と層間絶縁膜 102 に形成された接続電極 103 とを介して、半導体基板 101 上に形成されたセンサ回路 1

52と接続されている。

【0018】

センサ回路152は、半導体基板101上に形成された素子および配線によって構成された集積回路である。センサ回路152は、ミラー131の姿勢に応じて変化するミラー131とセンサ電極部151a, 151b, 151c, 151dとのそれぞれの距離に応じた4つの静電容量を検出することにより、ミラー131の姿勢、すなわち軸Xを回動軸とする回動角度と軸Yを回動軸とする回動角度を検出する。

【0019】

ミラー131上の任意の点と、この任意の点と対向するセンサ電極部151との間に誘起される静電容量Cは次式で表される。

$$C = \epsilon / d \quad \dots (1)$$

式(1)において、 ϵ は空間の誘電率、dはミラー131上の前記任意の点とセンサ電極部151との距離である。センサ回路152は、静電容量Cを検出することにより、ミラー131とセンサ電極部151との距離dを検出し、この距離dと予め定められたミラー131の回動軸の位置とから、ミラー131の回動角度を検出する。センサ回路152によって検出されたミラー131の回動角度を表す信号は、制御回路150にフィードバックされる。

【0020】

例えばCu等の金属からなる制御電極部140a, 140b, 140c, 140dは、ミラー131の下にあってミラー131の姿勢を制御するためのものであり、層間絶縁膜105を介して半導体基板101上に選択的に形成され、ミラー131の下(回動軸X, Yの真下を除く)にミラー131と所定距離離間して配置されている。制御電極部140は、1つのミラー131について1本の回動軸の片側または両側に少なくとも1つずつ配置される。本実施の形態では、回動軸の両側に制御電極部140を配置し、かつ回動軸がX, Yの2軸のため、合計4つの制御電極部140a, 140b, 140c, 140dが配置されている。

【0021】

そして、制御電極部140a, 140b, 140c, 140dは、層間絶縁膜

105に形成されたスルーホールと配線層104と層間絶縁膜102に形成された接続電極103とを介して、半導体基板101上に形成された制御回路150と接続されている。

【0022】

制御回路150は、半導体基板101上に形成された素子および配線によって構成された集積回路である。制御回路150は、センサ回路152からフィードバックされる信号によりミラー131の回動角度を認識して、このセンサ回路152で検出されるミラー131の回動角度が所望の値（例えば外部システムから設定される値）になるように、ミラー131の回動状態（回動量）を制御する電圧を制御電極部140a, 140b, 140c, 140dに与える。

【0023】

制御回路150から制御電極部140a, 140b, 140c, 140dに電圧を与えてミラー131との間に電位差を生じさせると、電界によってミラー131の制御電極部140a, 140b, 140c, 140dと対向する部分に電荷が誘導される。ミラー131は、この電荷に作用する静電力（クーロン力）によって回動し、この静電力による回動軸まわりのトルクと回動によりトーションバネ（連結部）に生じた逆向きのトルクとが釣り合う位置で静止する。

【0024】

なお、制御回路150およびセンサ回路152は、一つのミラー素子に各々設けるようにしてもよく、また、一つの制御回路150と一つのセンサ回路152で、複数のミラー素子の各々所望の制御を、同時に行うことも可能である。

【0025】

以上説明したように、本実施の形態では、センサ電極部151の信号に基づいてセンサ回路152がミラー131の回動角度を検出し、この検出された回動角度に基づいて制御回路150がミラー131の回動動作を制御するようにしたので、ミラー131を高精度に制御することができ、光スイッチ装置の動作速度を向上させることができる。

【0026】

また、制御電極部140とセンサ電極部151とはミラー131の中心から外

周に向かって配置されるが、本実施の形態では、制御電極部 140 よりもミラー 131 の中心寄りにセンサ電極部 151 を配置したことを特徴としている。以下、このような配置の効果について説明する。制御電極部 140 およびセンサ電極部 151 とミラー 131 との距離は、ミラー 131 の回動によって変化するが、その変化の度合いは、ミラー 131 の外周部の方が中心部よりも大きい。したがって、制御電極部 140 およびセンサ電極部 151 の高さは、ミラー 131 の回動を考慮して設定する必要がある。

【0027】

本実施の形態では、センサ電極部 151 をミラー 131 の中心寄りに配置し、制御電極部 140 をその外側に配置しているので、センサ電極部 151 を制御電極部 140 よりも高くすることができ、ミラー 131 とセンサ電極部 151 との距離 d を小さくすることができるので、センサ回路 152 が検出する静電容量 C を大きくすることができる。その結果、距離 d の検出を容易にすることができ、ミラー 131 の回動角度の検出を容易にすることができる。

【0028】

【発明の効果】

本発明によれば、ミラーの下部にセンサ電極部を形成して半導体基板上にセンサ回路を形成し、センサ電極部の信号に基づいてセンサ回路がミラーの回動角度を検出し、この検出された回動角度に基づいて制御回路がミラーの回動動作を制御するようにしたので、ミラーを高精度に制御することができ、光スイッチ装置の動作速度を向上させることができる。また、センサ電極部を制御電極部よりもミラーの中心寄りに配置することにより、センサ回路が検出する静電容量を大きくすることができ、ミラーの回動角度の検出精度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 の実施の形態となる光スイッチ装置の概略的な構成を示す平面図である。

【図 2】 本発明の第 1 の実施の形態となる光スイッチ装置の概略的な構成を示す断面図である。

【図 3】 本発明の第 1 の実施の形態となる光スイッチ装置の概略的な構成

を示す斜視図である。

【図 4】 従来の光スイッチ装置の概略的な構成を示す側面図である。

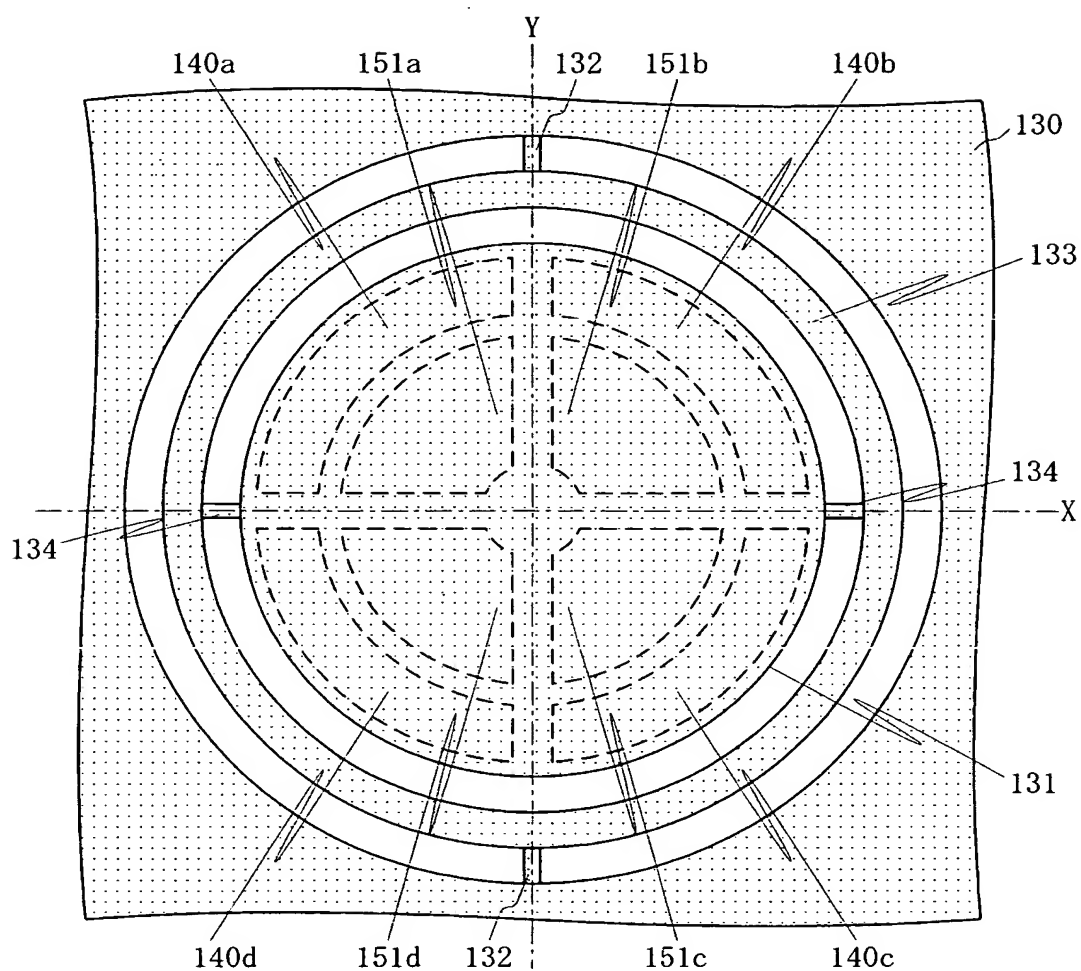
【図 5】 従来の他の光スイッチ装置の概略的な構成を示す断面図である。

【符号の説明】

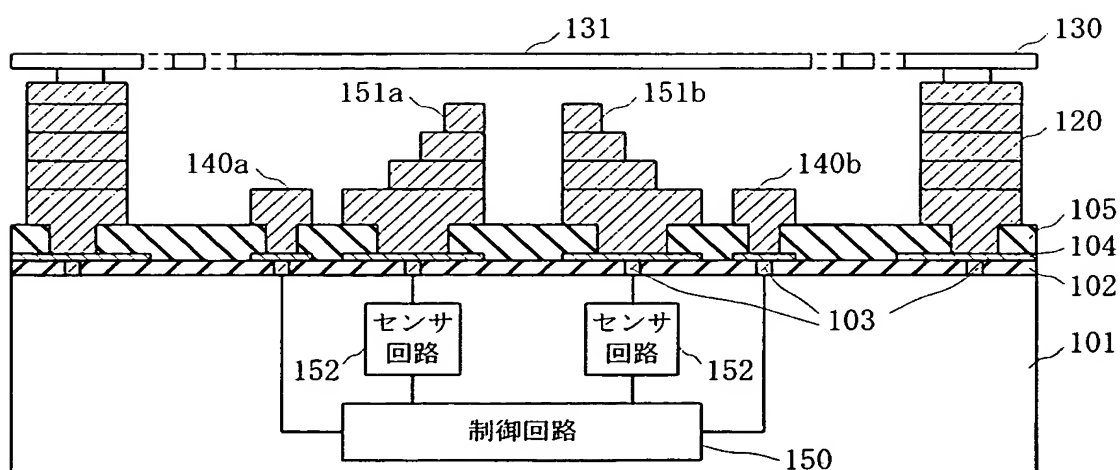
1 0 1…半導体基板、1 2 0…支柱、1 3 0…ミラー基板、1 3 1…ミラー、
1 3 2、1 3 4…トーションバネ、1 3 3…ミラー枠体、1 4 0…制御電極部、
1 5 0…制御回路、1 5 1…センサ電極部、1 5 2…センサ回路。

【書類名】 図面

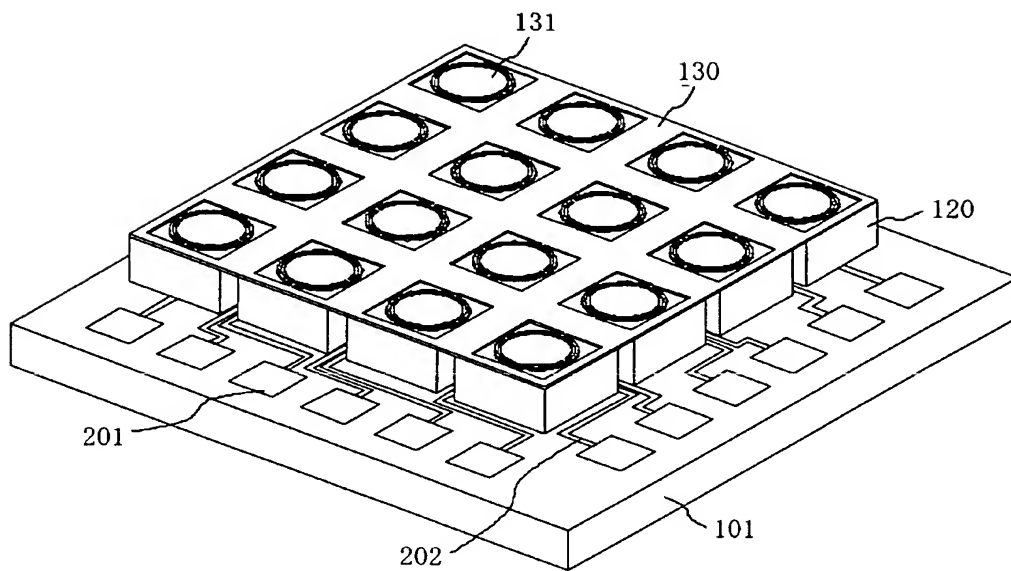
【図 1】



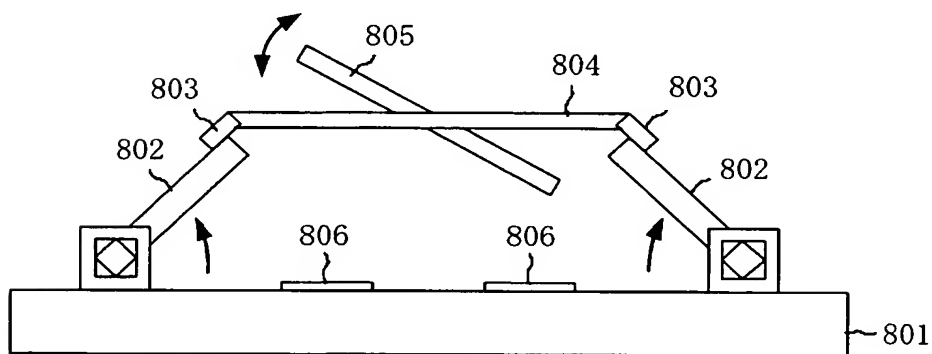
【図 2】



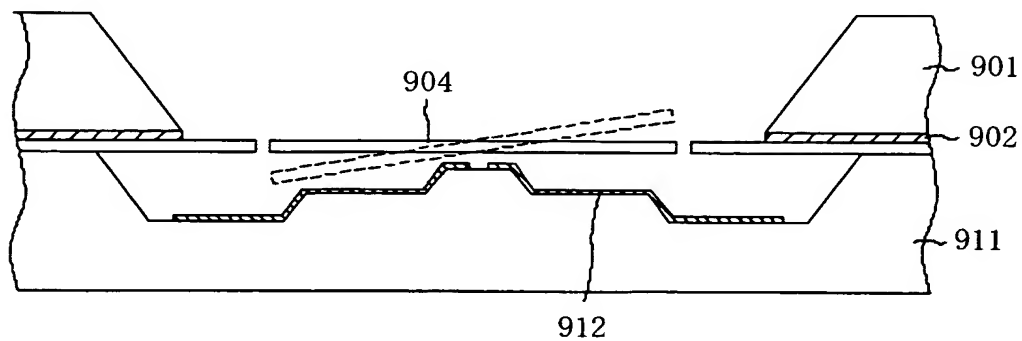
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ミラーを高精度に制御する。

【解決手段】 半導体基板 1 0 1 上の特定平面上に導電性を有する支柱 1 2 0 により支持されて開口領域を備えたミラー基板 1 3 0 と、ミラー基板 1 3 0 の開口領域に回動可能に設けられたミラー 1 3 1 と、ミラー 1 3 1 に回動動作を行わせるための制御電極部 1 4 0 と制御回路 1 5 0 と、ミラー 1 3 1 の回転角度を検出するためのセンサ電極部 1 5 1 と、センサ電極部 1 5 1 の信号に基づいてミラー 1 3 1 の回転角度を検出するセンサ回路 1 5 2 とから光スイッチ装置を構成し、センサ電極部 1 5 1 を制御電極部 1 4 0 よりもミラー 1 3 1 の中心寄りに配置する。

【選択図】 図 2



特願 2 0 0 2 - 3 1 9 4 7 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 4 2 2 6]

1 . 変更年月日

1 9 9 9 年 7 月 1 5 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号

氏 名

日本電信電話株式会社